

Mini-Diver
Micro-Diver
Cera-Diver
Baro-Diver
CTD-Diver

Diver® de Schlumberger Water Services

Manual del producto

Schlumberger Water Services
Delftechpark 20
PO Box 553
2600 AN Delft
Países Bajos
Tel.: +31 (0)15 – 275 5000
www.swstechnology.com

Versión junio de 2010

Todos los derechos reservados. Se encuentra prohibida la duplicación, el almacenamiento en un archivo de datos computarizados o la publicación de este documento, sin importar la forma o modo, ya sea electrónica, mecánica, en fotocopias, grabaciones o en cualquier otro formato, sin la autorización previa de Schlumberger Water Services Netherlands B.V.

Contenidos

Introducción

Acerca de este manual

Este manual contiene información sobre Divers® de Schlumberger Water Services (SWS). Contiene una descripción de los instrumentos Mini-Diver (DI5xx), Micro-Diver (DI6xx), Cera-Diver (DI7xx), Baro-Diver (DI500) y CTD-Diver (DI27x). El número entre paréntesis designa el modelo de Diver.

Esta sección contiene una breve introducción a los principios de medición de Diver, un instrumento diseñado para medir niveles freáticos y temperaturas. Además, se proporciona una breve descripción del software que puede utilizarse en combinación con los Divers. La siguiente sección contiene las especificaciones técnicas para cada tipo de Diver. La sección 3 trata la instalación de Divers en pozos de monitoreo y en aguas superficiales. A continuación, sigue una descripción de cómo realizar el mantenimiento de un Diver. La sección 4 analiza las mediciones de conductividad utilizando el CTD-Diver y la calibración de conductividad. La última sección incluye respuestas a preguntas frecuentes.

Principio operativo

El Diver es un registrador de datos diseñado para medir los niveles de agua. Luego las mediciones se almacenan en la memoria interna del Diver. El Diver consta de un sensor de presión diseñado para medir la presión del agua, de un sensor de temperatura, de memoria para almacenar las mediciones y de una batería. El Diver es un registrador de datos autónomo que puede ser programado por el usuario.

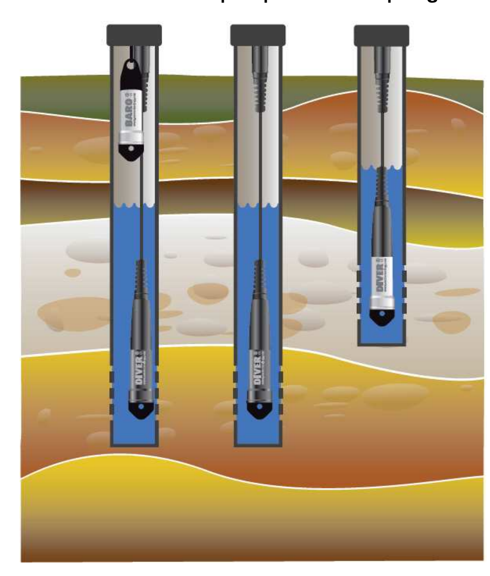


Figura 1



Medición de niveles de agua

Todos los Divers establecen la altura de una columna de agua, midiendo la presión del agua con el sensor de presión integrado. Mientras el Diver no está sumergido en el agua, mide la presión atmosférica como si fuera un barómetro. Una vez que se sumerge el Diver, esto se complementa con la medición de la presión del agua: mientras más alta sea la columna de agua, mayor será la presión medida. La altura de la columna de agua por encima el sensor de la presión del Diver se determina en función de la presión medida.

Para medir estas variaciones en la presión atmosférica, se instala un Baro-Diver para cada sitio que está midiendo. La compensación barométrica para estas variaciones en la presión atmosférica se logra posteriormente utilizando el paquete de software Diver-Office de SWS.

Los valores compensados se pueden relacionar con un punto de referencia, como la parte superior del pozo de monitoreo, o con un nivel de referencia vertical, por ejemplo, el nivel del agua del Datum Vertical de Norteamérica de 1988 *(NAVD 88)*.

Teoría

Esta sección explica cómo calcular el nivel del agua en relación con el nivel de referencia vertical, utilizando las mediciones del Diver y del Baro-Diver.

La figura a continuación representa un ejemplo típico de un pozo de monitoreo en el que se ha instalado un Diver. Por lo tanto, en este caso, estamos interesados en la altura del nivel del agua (WL) en relación con el nivel de referencia vertical. Si el nivel del agua se encuentra por encima del nivel de referencia, tiene un valor positivo y si se encuentra por debajo del nivel de referencia, tiene un valor negativo.

El punto alto de tubería (ToC) se mide en relación con el punto de referencia vertical y en el diagrama a continuación aparece como ToC cm. El Diver se suspende mediante un cable con una longitud igual a CL cm.

El Baro-Diver mide la presión atmosférica ($p_{baro)}$ y el Diver mide la presión ejercida por la columna de agua (WC) y la presión atmosférica ($p_{Diver)}$.

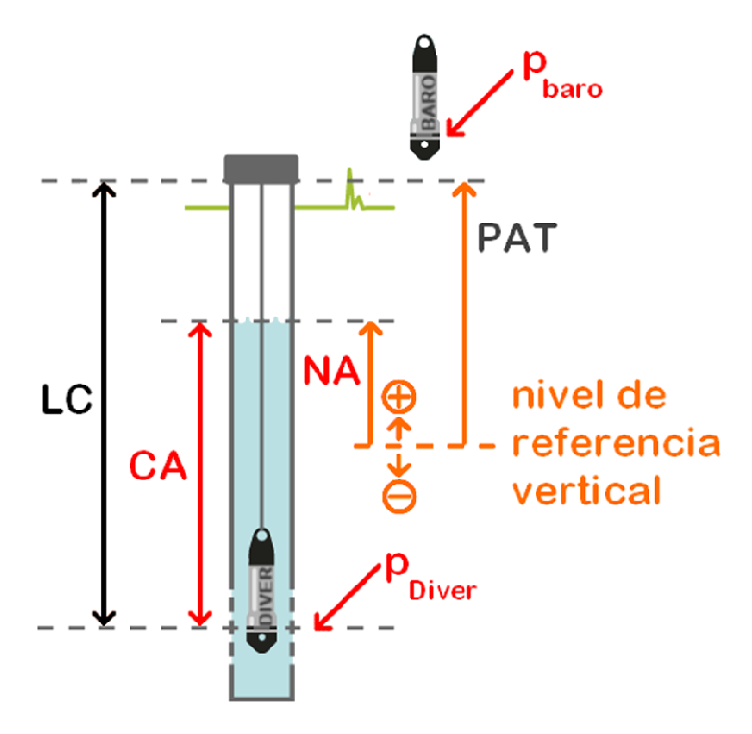


Figura 2

La columna de agua (CA) por encima del Diver puede expresarse como:

$$WK = 9806.65\frac{p_{Diver} - p_{baro}}{\rho \cdot g}$$

$$CA = 9806.65\frac{p_{Diver} - p_{baro}}{\rho \cdot g} \qquad (1)$$

donde p es la presión en cmH_2O, g es la aceleración debido a la gravedad (9.81 m/s^2) y ñ es la densidad del agua (1,000 kg/m^3).

El nivel del agua (NA) en relación con el nivel de referencia vertical se puede calcular de la siguiente manera:

$$NA = PAT - LC + CA \qquad (2)$$

Al sustituir la CA de la ecuación (1) en la ecuación (2), obtenemos:

$$NA = PAT - LC + 9806.65\frac{p_{Diver} - p_{baro}}{\rho \cdot g} \qquad (3)$$

Si no se sabe exactamente la longitud del cable, se puede determinar utilizando una medición manual. Al observar la figura a continuación, queda claro que la medición manual (MM) se obtiene desde el punto alto de tubería hasta el nivel del agua. El valor del nivel del agua es positivo a menos que, en circunstancias excepcionales, el nivel del agua se encuentre por encima del punto alto de tubería.

La longitud del cable se puede calcular ahora de la siguiente manera:

$$LC = MM + CA \qquad (4)$$

donde la columna de agua (CA) se calcula en función de las mediciones obtenidas con el Diver y el Baro-Diver.

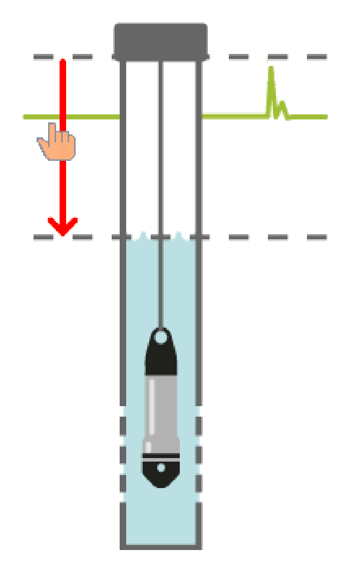


Figura 3

Comentarios:

- Si la presión medida por el Diver y el Baro-Diver se mide en diferentes momentos, es necesario interpolar. El software realiza automáticamente esta interpolación.
- Las mediciones manuales se pueden ingresar en el software. Posteriormente, el software calcula en forma automática la longitud del cable.

Ejemplo:

Según las mediciones, el punto alto de tubería se encuentra 150 cm por encima del nivel del agua del Datum Vertical de Norteamérica de 1988. PAT = 150 cm. La longitud del cable no se sabe con exactitud y, por lo tanto, se mide en forma manual. Resulta ser de 120 cm: MM = 120 cm.

El Diver mide una presión de 1,170 cmH_2O y el Baro-Diver mide una presión de 1,030 cmH_2O. Tras la sustitución de estos valores en la ecuación (1), se obtiene como resultado una columna de agua de 140 cm por encima del Diver: CA = 140 cm.

Tras la sustitución de estos valores de la medición manual y de la columna de agua en la ecuación (4), se obtiene como resultado la siguiente longitud del cable: LC = 120 + 140 = 260 cm.

El nivel del agua en relación con el NAVD 88 se puede calcular fácilmente, utilizando la ecuación (2): NA = 50 – 260 + 140 = 30 cm por encima del NAVD 88.



Medición de la temperatura

Todos los Divers miden la temperatura del agua subterránea. Esto puede, por ejemplo, proporcionar información sobre flujos de aguas subterráneas. También permite determinar la difusión de agua (contaminada).

La temperatura se mide utilizando un sensor semiconductor. Este sensor no sólo mide la temperatura, sino que también utiliza el valor de la temperatura para, al mismo tiempo, compensar el sensor de presión y el material electrónico (incluido el reloj de cristal) con los efectos de la temperatura.

Tipos de Diver

Existen diferentes tipos de Divers. Todos los Divers miden la presión absoluta y la temperatura. La presión absoluta se define como la presión de la columna de agua por encima del Diver, más la presión atmosférica. En consecuencia, se necesita una medición de la presión atmosférica para determinar el nivel del agua. El resumen a continuación explica las diferencias entre los diferentes tipos de Diver.

- Mini-Diver. Es un Diver básico, fabricado con un revestimiento de acero inoxidable (316 L) con un diámetro de 22 mm. El Mini-Diver puede almacenar un máximo de 24,000 mediciones (de presión y temperatura).
- Micro-Diver. Éste es el Diver más pequeño, con un diámetro de 18 mm y un revestimiento de acero inoxidable (316 L). El Micro-Diver puede almacenar un máximo de 48,000 mediciones. El Diver es apto para tuberías de al menos 20 mm de diámetro.
- Cera-Diver. Este Diver tiene un revestimiento cerámico de 22 mm de diámetro y es apto para el uso en agua semisalina y en agua salada o en otros ambientes agresivos. El Cera-Diver puede almacenar un máximo de 48,000 mediciones.
- CTD-Diver. Además de tomar mediciones de presión y temperatura, este Diver también mide la conductividad del agua. El revestimiento cerámico de 22 mm de diámetro es apto para aplicaciones en agua salada. El CTD-Diver puede almacenar un máximo de 48,000 mediciones.
- Baro-Diver. Este Diver mide la presión atmosférica y se utiliza para compensar las variaciones en la presión atmosférica medidas por otros Divers. El revestimiento de acero inoxidable (316 L) tiene un diámetro de 22 mm.



Los Micro-Diver, Cera-Diver y CTD-Diver incorporan un mayor rango de funcionalidad que el Mini-Diver y el Baro-Diver. Estos últimos dos Divers sólo ofrecen una opción de medición fija. Esto significa que el Diver obtiene mediciones según intervalos definidos por el usuario.

Los otros Divers ofrecen las siguientes opciones de medición:

- Pruebas de bombeo previamente programadas o pruebas de bombeo definidas por el usuario.
- Valores promedio durante un período de tiempo especificado
- Una opción basada en eventos. En este caso, el Diver únicamente almacena mediciones una vez que se excede el límite de variación del porcentaje establecido para la medición de la presión o la conductividad (CTD-Diver). Esta variación porcentual puede ser especificada por el usuario.

Para aplicaciones en aguas superficiales, es posible promediar los valores durante un período especificado. Entonces se almacenan los valores promedio. De esta manera, no se "calcula el promedio" de los efectos de las olas.

Software

Diver-Office

Diver-Office es un paquete de software que se utiliza en conjunto con todos los tipos de Diver descritos en este manual. La última versión de Diver-Office se puede descargar del sitio web www.swstechnology.com en cualquier momento.

Diver-Office funciona en todas las versiones actuales de Microsoft Windows y es fácil de instalar en un ordenador portátil o de escritorio.

A medida que se lanzan nuevas versiones de Microsoft Windows, el sitio web www.swstechnology.com contiene más información acerca de las versiones de Windows admitidas, etc. El sitio siempre proporcionará la última versión de Diver-Office para descargar o actualizar en forma gratuita.

Diver-Office permite comunicarse con los Divers o encenderlos/apagarlos. Los datos de medición registrados por los Divers se pueden leer en cualquier momento. Existe la opción de revisar, compensar variaciones en las presiones atmosféricas, imprimir o exportar los datos de medición a diversos formatos de archivo para procesarlos con otro software. Todos los valores y las configuraciones se almacenan en una base de datos. Además, los datos sin procesar del Diver también se almacenan como un archivo.

El manual del programa de software contiene información adicional acerca del funcionamiento de Diver-Office.

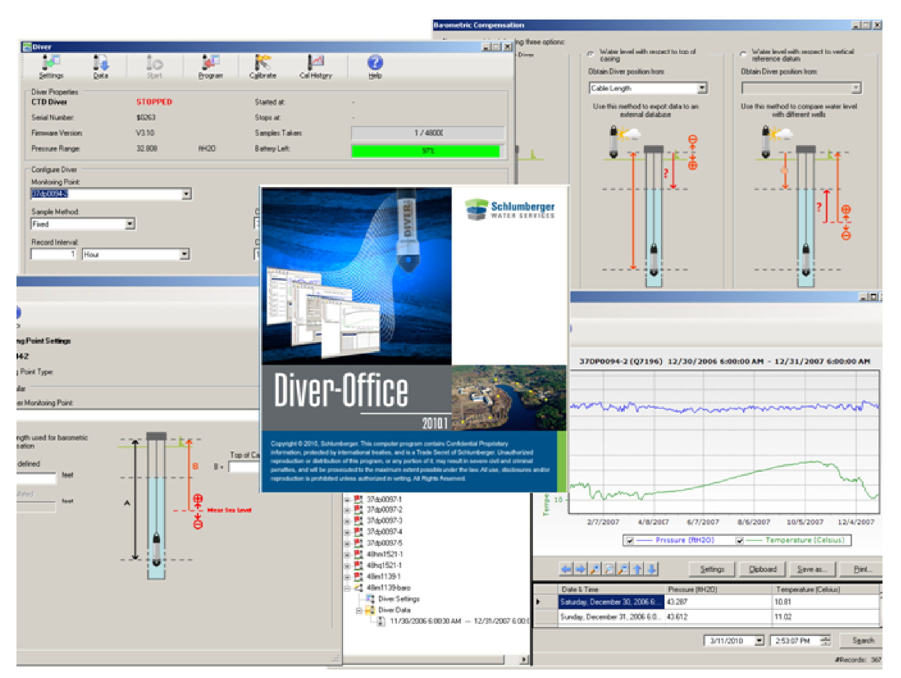


Figura 4

Diver-Pocket

Diver-Pocket fue específicamente diseñado para el uso en el terreno. Diver-Pocket es una aplicación de software que se ejecuta en un Pocket-PC.

Diver-Pocket se encuentra disponible en dos versiones:

- Diver-Pocket Reader es una versión diseñada exclusivamente para leer Divers. Con esta versión no se pueden realizar cambios de configuración de manera involuntaria o de otra manera. Tampoco se puede encender o apagar el Diver con esta versión. Lo único que puede hacer el Reader es leer la información del Diver.
- Diver-Pocket Manager es una versión que, además de leer los datos del Diver, también se puede utilizar para encender/apagar o programar el Diver.

Los archivos recolectados con Diver-Pocket posteriormente se pueden descargar a una computadora. Sin embargo, esto no es necesario para importar datos de Diver-Pocket a Diver-Office. Diver-Office está equipado con una función de importación que permite ubicar sin error estos archivos en un Pocket PC interconectado. La importación es rápida y sin errores.

El manual del programa de software contiene información adicional acerca de cómo usar un Diver-Pocket.



Figura 5



Información técnica

Aspectos generales

El Diver es un registrador de datos que se encuentra dentro de un revestimiento cilíndrico con una argolla de suspensión en la parte superior. La argolla de suspensión se puede desatornillar; además, está diseñada para instalar el Diver en un pozo de monitoreo y protege el conector óptico. El material electrónico, los sensores y la batería se encuentran instaladas dentro del revestimiento y no necesitan mantenimiento. El Diver no puede abrirse. Si tiene algún reclamo, póngase en contacto con su proveedor.

El nombre del registrador de datos, el número de modelo, el rango de medición y el número de serie (SN) están claramente identificados en uno de los laterales del Diver. Esta información se graba con un láser y, en consecuencia, el grabado es químicamente neutro e imborrable.

Ejemplos:





Procedimiento de calibración

El Diver se pone a punto y se prueba de acuerdo con un procedimiento predefinido antes de la entrega. La prueba más importante es la calibración (verificación de las mediciones en comparación con un estándar superior).

El Diver mide la presión y se calibra convencionalmente en centímetros de columna de agua (cmH_2O). La relación de la presión en cmH_2O con respecto a la presión en milibares se define de la siguiente manera:

$$1 \text{ mbar} = 1.01972 \text{ cmH}_2\text{O o } 1 \text{ cmH}_2\text{O} = 0.980665 \text{ mbar}$$

El Diver se sumerge por completo en un baño de agua durante la calibración. La temperatura del baño de agua se estabiliza en 15 °C y 35 °C. El Diver se calibra tanto a 15 °C como a 35 °C. Las variaciones en la presión se producen a estas dos temperaturas de calibración. Las variaciones en la presión consisten en una serie de aumentos y descensos de las lecturas de presión al 10%, 30%, 50% y 90% del rango total.

Certificado del fabricante

El Diver pasa la etapa de inspección si cumple con todas las especificaciones. Se encuentra disponible un certificado del fabricante, previa solicitud de éste al momento de la entrega del Diver.

Especificaciones

Además del Baro-Diver (DI500) para mediciones de presión atmosférica y temperatura, existen 12 versiones de Diver para medir la presión y la temperatura, y 3 versiones de CTD-Diver para medir la presión, la temperatura y la conductividad. El resumen a continuación incluye los rangos de medición de las columnas de agua que los Divers son capaces de medir:

Mini-Diver:

- Hasta 10 metros (DI501)
- Hasta 20 metros (DI502)
- Hasta 50 metros (DI505)
- Hasta 100 metros (DI510)

Micro-Diver:

- Hasta 10 metros (DI601)
- Hasta 20 metros (DI602)
- Hasta 50 metros (DI605)
- Hasta 100 metros (DI610)

Cera-Diver:

- Hasta 10 metros (DI701)
- Hasta 20 metros (DI702)
- Hasta 50 metros (DI705)
- Hasta 100 metros (DI710)

CTD-Diver:

- Hasta 10 metros (DI271)
- Hasta 50 metros (DI272)
- Hasta 100 metros (DI273)

Baro-Diver:

- Variaciones barométricas (DI500)



Baro-Diver, Mini-Diver, Micro-Diver y Cera-Diver

Los tipos de Diver cumplen con las siguientes especificaciones generales:

Diámetro	Ø22 mm	Ø18 mm	Ø22 mm
Longitud	90 mm incluida la argolla de suspensión		
Peso	aprox. 70 gramos	aprox. 50 gramos	aprox. 55 gramos
Clase de protección	IP68, 10 años continuamente sumergido en el agua a 100 m		
Temperatura de almacenamiento/ transporte	-20 °C a 80 °C (afecta la vida útil de la batería)		
Temperatura operativa	0 °C a 50 °C		
Material			
– Revestimiento	Acero inoxidable 316L (sustancia activa n.º 1.4404)	Acero inoxidable 316L (sustancia activa n.º 1.4404)	Zirconia (ZrO_2)
– Sensor de presión	Alúmina (Al_2O_3)		
– Argolla de suspensión/cubierta cónica	Nylon PA6 reforzada con fibra de vidrio del 30%		
– Junta tórica	Viton®		
Comunicación	Separada ópticamente		
Capacidad de la memoria	24,000 mediciones	48,000 mediciones	48,000 mediciones
Memoria	Memoria no volátil. Una medición consta de fecha/hora/nivel/temperatura		
Ritmo de muestreo	0.5 segundos a 99 horas		
Opciones de muestreo			
– Intervalo fijo	Sí	Sí	Sí
– Basado en eventos	No	Sí	Sí
– Prueba de bombeo (configuración a cargo del usuario)	No	Sí	Sí
– Recursos	No	Sí	Sí
*Vida útil de la batería**	10 años, según el uso		









– Capacidad teórica	5 millones de mediciones 2000 lecturas de memoria 2000 programaciones		
Precisión del reloj	Superior a ± 1 minuto por año a 25 °C Superior a ± 5 minutos por año dentro del rango de temperatura calibrada		
Marca CE	Compatibilidad electromagnética (EMC) de acuerdo con la directiva 89/336/CEE Norma básica EN 61000-4-2		
- Emisiones	EN 55022 (1998) + A1 (2000) + A2 (2003), Clase B		
- Exención	EN 55024 (1998) + A1 (2000) + A2 (2003)		
- Número de certificado	06C00301CRT01	06C00300CRT01	06C00299CRT01

CTD-Diver

Diámetro	Ø22 mm
Longitud	135 mm incluida la argolla de suspensión
Peso	Aprox. 100 gramos
Material del revestimiento	Zirconia (ZrO_2)
Clase de protección	IP68, 10 años continuamente sumergido en el agua a 100 m
Capacidad de la memoria	48,000 mediciones
Ritmo de muestreo	1 segundo a 99 horas
Opciones de muestreo	
– Intervalo fijo	Sí
– Basado en eventos	Sí
– Prueba de bombeo (configuración a cargo del usuario)	Sí
– Recursos	Sí
Conductivity	
– rango de medida	10 µS/cm – 120 mS/cm
– precisión	1% con respecto a un mínimo de 10 µS/cm



Vida útil de la batería

– *Capacidad teórica*	2 millones de mediciones 500 lecturas de memoria 500 programaciones
Marca CE	Compatibilidad electromagnética (EMC) de acuerdo con la directiva 89/336/CEE Norma básica EN 61000-4-2
- *Emisiones*	EN 55022 (1998) + A1 (2000) + A2 (2003), Clase B
- *Exención*	EN 55024 (1998) + A1 (2000) + A2 (2003)

Los otros parámetros son idénticos a los del Cera-Diver.

* **El Diver está siempre activo.** La corriente de descarga espontánea de la batería integrada depende de la temperatura. Si se utiliza, se almacena o se transporta el Diver durante períodos de tiempo largos a altas temperaturas, la vida útil de la batería se verá afectada en forma negativa. La capacidad de la batería a temperaturas más bajas se reduce, pero esto no es permanente. Es un comportamiento normal de las baterías.

** La precisión del reloj depende en gran medida de la temperatura. En todos los modelos, el reloj se compensa activamente para la temperatura.

Aspectos generales

Transporte	Apto para el transporte en vehículos, embarcaciones y aviones en el embalaje suministrado.
Resistencia a vibraciones	De acuerdo con MIL-STD-810.
Ensayo al choque mecánico	De acuerdo con MIL-STD-810, para equipos livianos.

Temperatura

Las siguientes especificaciones corresponden a los instrumentos Mini, Micro, Cera, CTD-Diver y Baro-Diver para mediciones de temperatura:

Rango de medición	-20 °C a 80 °C
Temperatura operativa (OT)	0 °C a 50 °C
Precisión	± 0.2 °C
Resolución	0.01 °C
Tiempo de respuesta (90% del valor final)	3 minutos (en agua)

Presión

Las especificaciones para la medición de la presión atmosférica y del agua varían según el tipo de Diver. Las especificaciones a continuación corresponden al rango de temperatura de 0 °C a 50 °C.

Mini-Diver

	DI501	DI502
Rango	10 mH_2O	20 mH_2O
Precisión	± 0.25% FS	± 0.25% FS
Típica	± 0.05% FS	± 0.05% FS
Estabilidad a largo plazo	± 0.2% FS	± 0.2% FS
Resolución	0.2 cmH_2O	0.4 cmH_2O
Presión máxima	15 mH_2O	30 mH_2O

	DI505	DI510
Rango	50 mH_2O	100 mH_2O
Precisión	± 0.25% FS	± 0.25% FS
Típica	± 0.05% FS	± 0.05% FS
Estabilidad a largo plazo	± 0.2% FS	± 0.2% FS
Resolución	1 cmH_2O	2 cmH_2O
Presión máxima	75 mH_2O	150 mH_2O



Micro-Diver

	DI601	DI602
Rango	10 mH$_2$O	20 mH$_2$O
Precisión	± 0.3% FS	± 0.3% FS
Típica	± 0.01% FS	± 0.01% FS
Estabilidad a largo plazo	± 0.2% FS	± 0.2% FS
Resolución	0.2 cmH$_2$O	0.4 cmH$_2$O
Presión máxima	15 mH$_2$O	30 mH$_2$O

	DI605	DI610
Rango	50 mH$_2$O	100 mH$_2$O
Precisión	± 0.3% FS	± 0.3% FS
Típica	± 0.01% FS	± 0.01% FS
Estabilidad a largo plazo	± 0.2% FS	± 0.2% FS
Resolución	1 cmH$_2$O	2 cmH$_2$O
Presión máxima	75 mH$_2$O	150 mH$_2$O

Cera-Diver

	DI701	DI702
Rango	10 mH$_2$O	20 mH$_2$O
Precisión	± 0.2% FS	± 0.2% FS
Típica	± 0.05% FS	± 0.05% FS
Estabilidad a largo plazo	± 0.1% FS	± 0.1% FS
Resolución	0.2 cmH$_2$O	0.4 cmH$_2$O
Presión máxima	15 mH$_2$O	30 mH$_2$O



	DI705	DI710
Rango	50 mH_2O	100 mH_2O
Precisión	± 0.2% FS	± 0.2% FS
Típica	± 0.05% FS	± 0.05% FS
Estabilidad a largo plazo	± 0.1% FS	± 0.1% FS
Resolución	1 cmH_2O	2 cmH_2O
Presión máxima	75 mH_2O	150 mH_2O

CTD-Diver

	DI271	DI272
Rango	10 mH_2O	50 mH_2O
Precisión	± 0.2% FS	± 0.2% FS
Típica	± 0.05% FS	± 0.05% FS
Estabilidad a largo plazo	± 0.2% FS	± 0.2% FS
Resolución	0.2 cmH_2O	1 cmH_2O
Presión máxima	15 mH_2O	75 mH_2O

	DI273
Rango	100 mH_2O
Precisión	± 0.2% FS
Típica	± 0.05% FS
Estabilidad a largo plazo	± 0.2% FS
Resolución	2 cmH_2O
Presión máxima	150 mH_2O

Baro-Diver

	DI500
Rango	150 cmH_2O
Precisión	± 2 cmH_2O
Típica	± 0.5 cmH_2O
Estabilidad a largo plazo	± 2 cmH_2O
Resolución	0.1 cmH_2O
Presión máxima	15 mH_2O
Temperatura	-10 °C a +50 °C

Precisión de las mediciones de presión

Todos los rangos de precisión especificados arriba representan las variaciones máximas permitidas por el proceso de fabricación.

Variaciones máximas de presión

El 100% de los Divers funciona dentro de los valores especificados arriba.

Variaciones de presión nominal

Más del 80% de todos los Divers producidos funcionan dentro del 0.1% FS del rango de medición (nivel/presión).

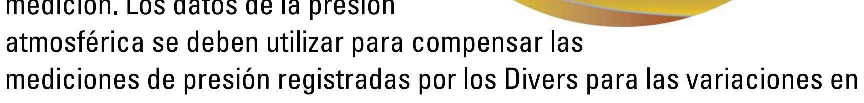


Instalación del Diver y mantenimiento

Introducción

En la práctica real, el Diver generalmente se suspende en un pozo de monitoreo.

La ilustración a la derecha representa un conjunto de Divers y un Baro-Diver para compensar la presión barométrica.



Además de los Divers normales, se instala un Baro-Diver que funciona como un barómetro y registra la presión atmosférica en cada sitio de medición. Los datos de la presión atmosférica se deben utilizar para compensar las mediciones de presión registradas por los Divers para las variaciones en la presión atmosférica. Para este fin, se recomienda utilizar un Baro-Diver, que está diseñado para tomar mediciones de presión atmosférica. En principio, un solo Baro-Diver es suficiente para un área con un radio de 15 kilómetros (según las condiciones del terreno. Consulte también el Apéndice II *"Uso de Divers en elevaciones"*).

A continuación se describe cómo instalar los Divers y el Baro-Diver.

Instalación en un pozo de monitoreo

Normalmente los Divers se instalan por debajo del nivel del agua en un pozo de monitoreo. La profundidad a la que se puede suspender un Diver depende del rango de medición del instrumento. Para obtener más información sobre el rango del Diver, consulte la sección *"Información técnica"*.

Primero determine la longitud del cable de suspensión no extensible (cable de acero inoxidable, artículo número MO5000) en función del nivel freático más bajo. Estipule la longitud adicional que necesita para sujetar el cable al Diver y la longitud de la argolla de suspensión en el extremo superior al cortar el cable.

Luego utilice los ganchos de alambre para sujetar los extremos del cable a la cubierta del extremo del pozo de monitoreo y a la argolla de suspensión del Diver, respectivamente.

Para determinar la distancia del sensor de presión en el pozo de monitoreo es necesario conocer la longitud exacta del cable, a la cual se debe agregar la distancia hasta la ubicación del sensor de presión en el Diver, para obtener la longitud operativa total. Esto se representa en el diagrama a continuación.





También es posible instalar el Diver con un cable de datos Diver (DDC). Este cable le permite leer el Diver en la parte superior del pozo de monitoreo.



Diver suspendido de un cable de acero *Diver suspendido de un DDC*

Nota: Es posible que el nivel freático se eleve temporalmente cuando se instala un Diver. Sucede lo contrario cuando se retira el Diver. Por lo tanto, el nivel freático puede bajar temporalmente.

Si no se sabe exactamente la longitud del cable, se puede calcular, por ejemplo, utilizando Diver-Office y una medición manual (medición con cinta métrica desde el punto alto de tubería) (medición manual + medición del Diver – lectura de Baro-Diver = longitud del cable).

Al instalar un CTD-Diver, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Preferentemente, no lo instale en tuberías demasiado estrechas.
- Las lecturas de valor C son las más exactas (más confiables) cuando el flujo directo de agua que se desea medir presenta impedimentos
- La preferencia es para los CTD-Divers que se suspenderán a la altura de la rejilla.
- A diferencia de los Divers "normales", la posición dentro del pozo de monitoreo en relación con la rejilla afecta las mediciones. Aquí también se aplica la siguiente resolución: cuanto mayor sea el flujo directo más confiable es la medición.
- El pozo de monitoreo está hecho de un material que no contiene metal.
- Los iones liberados de las paredes del pozo de monitoreo pueden afectar o afectarán las mediciones.
- Pozos de monitoreo pegados: Se sabe que ciertos tipos de pegamento afectan las mediciones.

Instalación en aguas superficiales



Si un Diver se utilizará en aguas superficiales es importante que haya suficiente circulación alrededor de los sensores del Diver. Los flujos de agua evitan que la tubería se obstruya con sedimentos y aseguran que el Diver realmente mida el agua circundante en lugar del agua estancada en el pozo de monitoreo mismo. Recomendamos utilizar un pozo de monitoreo de al menos 2", cuyas aberturas deben estar libres de, por ejemplo, crecimiento de plantas y algas.

Si se utiliza una tubería de acero (consulte las ilustraciones) con un pozo de monitoreo de 1" instalado dentro de la tubería, permita que el extremo del Diver sobresalga un poco del extremo de la tubería, de manera que los sensores del Diver también entren en contacto con el agua en este punto.

Instale el poste de fijación al cual se fija el pozo de monitoreo para que el Diver se beneficie del flujo y la profundidad máximos de agua, por ejemplo, en el medio del cauce. Para evitar vandalismo, se puede utilizar una tubería de acero con una tapa de acero que se pueda trabar.

Ubique los Divers a una profundidad suficiente para que permanezcan por debajo de una posible capa de hielo.

Esta imagen muestra un Diver cuyo sensor sobresale desde abajo del pozo de monitoreo. Se colocó un pozo de monitoreo más delgado dentro de la tubería de acero en la que se puede instalar el Diver.



El uso de los Divers en elevaciones

Los Divers se pueden utilizar a cualquier elevación, desde 300 metros bajo el nivel del mar hasta 5,000 metros sobre el nivel del mar. El Apéndice I contiene más información sobre el uso de los Divers en elevaciones.

Baro-Diver

El Baro-Diver se debe instalar de manera tal que sólo mida la presión atmosférica en todas las condiciones. Es preferible instalarlo en una ubicación que no esté sujeta a variaciones rápidas de temperatura.

Uso en agua salada

No utilice un Mini-Diver o un Micro-Diver en agua salada.



Mini-Diver y Micro-Diver están hechos de acero inoxidable 316L. Este material no es apropiado para el agua salada o semisalina ya que está sujeto a corrosión/corrosión dividida. La corrosión no sólo es causada por el contenido de sal sino también por la temperatura y los demás componentes del agua.

Le recomendamos que elija Cera-Diver o CTD-Diver para utilizar en agua semisalina o salada. Estos Divers están hechos de materiales de cerámica que son resistentes al agua semisalina o salada.

Mantenimiento del Diver

En principio, el Diver no necesita ningún mantenimiento. Si es necesario, el revestimiento se puede limpiar con un paño suave. El calcio y otros depósitos se pueden quitar con vinagre blanco. La apertura del flujo directo también se puede enjuagar con agua o vinagre blanco.

Nota: Sólo utilice soluciones ácidas diluidas si el Diver se ensucia verdaderamente y otros limpiadores no son efectivos.

No utilice nunca cepillos duros, productos abrasivos u objetos cortantes para limpiar el Diver y siempre enjuáguelo bien con agua limpia después de la limpieza, en particular cerca de las aberturas de flujo directo. No utilice chorros potentes. Esto podría dañar el sensor de presión.

CTD-Diver

Medición de la conductividad

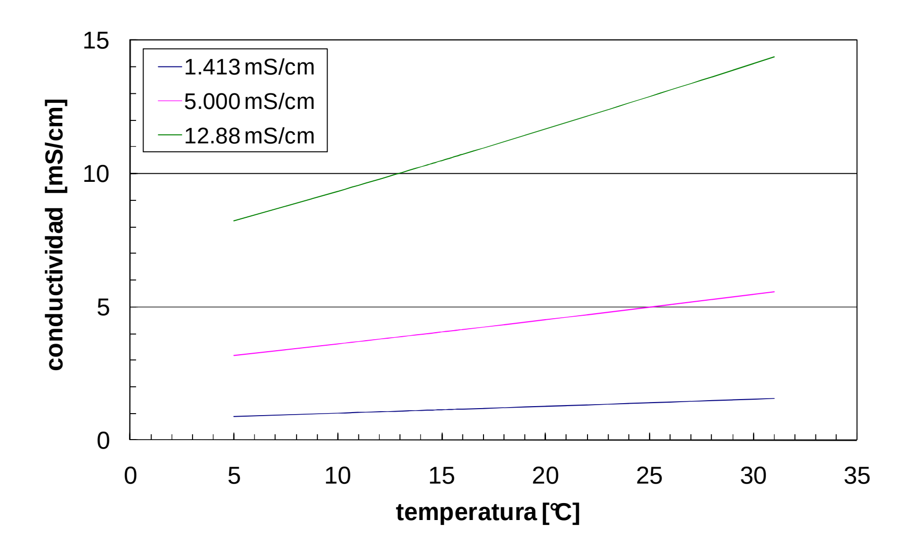
Además de medir la temperatura y los niveles de agua, el CTD-Diver también mide la conductividad eléctrica del agua en milisiemens por centímetro (mS/cm). Un cambio en la conductividad puede indicar alteraciones en el flujo, aumentos o disminuciones en la contaminación o en la salinización por ejemplo.

El CTD-Diver mide la conductividad del líquido. Sobre la base de la temperatura y la conductividad medidas, el CTD-Diver puede calcular la conductancia *específica* en 25 °C. El dispositivo brinda la opción de registrar la conductividad o la conductancia específica. *Este Diver debe configurarse antes de su puesta en funcionamiento. El valor de la configuración seleccionada se almacena (se registra).*

La conductividad se mide con una celda de medición de 4 electrodos. Este tipo de celda de medición es relativamente indiferente a los sensores sucios; por lo tanto, necesita un mantenimiento mínimo. *La celda de medición combinada con la opción de medición seleccionada genera como resultado un sistema de medición sin electrólisis.*

Ejemplo:

La conductividad de un líquido depende del tipo de iones que tenga y, en gran medida, de la temperatura del líquido. Esta dependencia se indica en el embalaje de los líquidos de calibración, por ejemplo. El siguiente diagrama muestra la conductividad como una función de temperatura para tres líquidos de calibración diferentes. El valor especificado del líquido de calibración es la conductividad del líquido a 25 °C.



Como norma general, se puede presuponer que la conductividad varía un 2% por cada cambio de 1 °C en la temperatura. Esto significa que un líquido de calibración cuya conductividad era de 5 mS/cm (a 25 °C) sólo posee una conductividad de aproximadamente 4 mS/cm a 15 °C.

A modo de ejemplo, la tabla a continuación muestra varios valores de conductividad típicos para diversos tipos de agua.

Tipo	Conductividad [mS/cm]
Agua de grifo	0.2 a 0.7
Aguas subterráneas	2 a 20
Agua salada	50 a 80

Calibración del CTD-Diver

El CTD-Diver se calibra en la fábrica. Este proceso de calibración consta de tres partes:

1. El registro de todas las propiedades del producto a diversas presiones y temperaturas. Se produce un conjunto de datos a partir de los datos reunidos. Este conjunto de parámetros se programa en el CTD-Diver (La recopilación de propiedades específicas del producto a ciertas presiones y temperaturas. Igual a la calibración de los demás Divers).

2. Sobre la base de este conjunto de parámetros, el CTD-Diver puede obtener mediciones dentro de sus tolerancias especificadas. Todos los Divers se prueban para verificar que cumplan con estos requisitos (la calibración).

3. La verificación del canal C para 6 valores: ±150, ±1,000, ±3,000, ±12,500, ±38,000 y ±89,500 µS/cm (la calibración). Durante la

calibración, se realiza un uso activo de la función de corrección de temperatura incorporada al CTD-Diver.

La calibración de fábrica permanece siempre guardada en el CTD-Diver, independientemente de la cantidad de veces que se realice una calibración en el terreno.

Siempre y cuando el sensor C no se dañe ni se cubra con algas o sedimentos, la calibración seguirá siendo válida y no será necesario realizar una calibración en el terreno.

En caso de dudas, se recomienda realizar primero una medición con una solución conocida (líquido de calibración después de enjuagar bien el sensor con agua desmineralizada primero; de lo contrario, el líquido de referencia se contaminará). Esta prueba de medición brinda una idea de la operación reciente del CTD-Diver. En función de la variación entre el valor de referencia y el valor indicado por el CTD-Diver al sumergirlo en el líquido de referencia, se puede ajustar la serie de medición si es necesario.

Si la variación es demasiado alta (más alta que la precisión indicada) se recomienda limpiar el CTD-Diver primero (enjuagar, si es necesario con vinagre blanco o una solución ácida diluida).

Luego, se puede realizar una segunda medición de referencia (después de un enjuague a fondo con agua desmineralizada; de lo contrario, el líquido de referencia se contaminará).

Por lo tanto, sólo si la variación todavía se encuentra fuera de las especificaciones del CTD-Diver, se debe considerar realizar una calibración en el terreno.

Calibración en el terreno

La especificación a la que se hizo referencia antes, en relación con la precisión de la celda de conductividad en todo el rango de medición, de 0 a 120 mS/cm, sólo se puede lograr si se calibra el CTD-Diver en los cuatro puntos de calibración (1.413; 5; 12.88 y 80 mS/cm) durante la calibración en el terreno.

Si elige utilizar el CTD-Diver en un área de medición específica, puede decidir realizar la calibración en no más de 1 ó 2 puntos. Esto significa que el CTD-Diver cumple con las especificaciones dentro de ese rango de medición en particular. El CTD-Diver puede desviarse un poco de las especificaciones fuera del rango de medición calibrado.

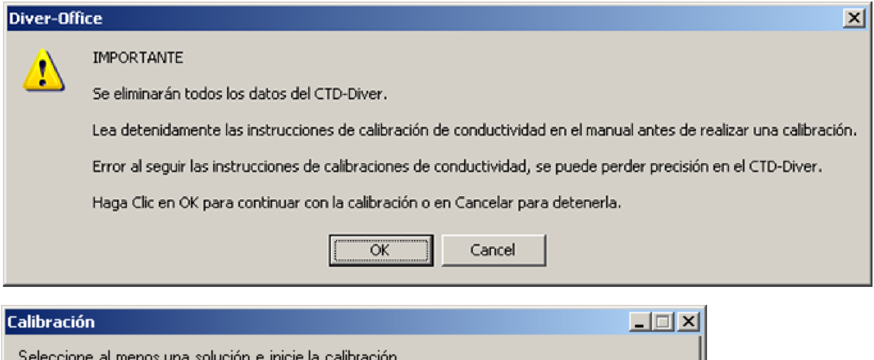
Ejemplo: Si el CTD-Diver se utiliza en un rango de medición de 2 a 3 mS/cm, realice la calibración en el terreno a 1.413 o 5 mS/cm. El CTD-Diver, en consecuencia, cumplirá con las especificaciones para el rango de medición de 1.413 a 5 mS/cm.

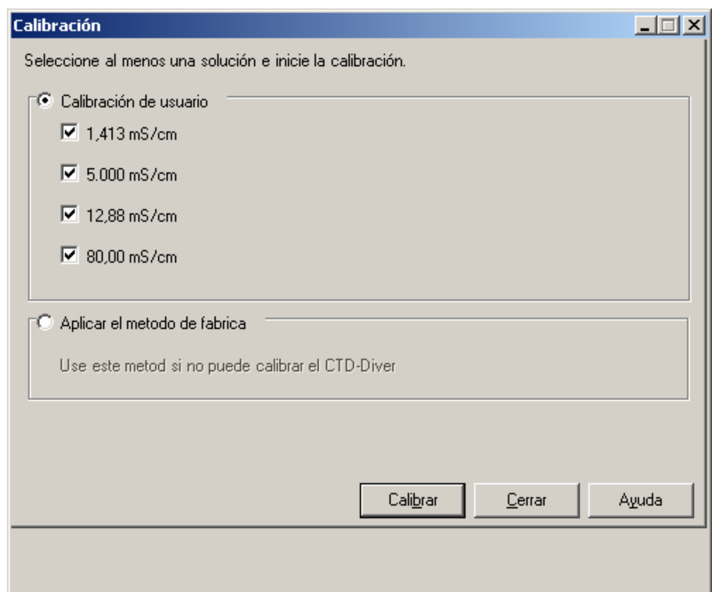


Si la calibración en el terreno se realiza más adelante en los 4 puntos de calibración, entonces el CTD-Diver volverá a cumplir con las especificaciones dentro del rango de medición completo.

El procedimiento para calibrar un CTD-Diver se puede encontrar en el manual del software Diver-Office.

Además, recomendamos que antes de realizar una calibración, se deje aclimatar el CTD-Diver si no se ha utilizado durante un tiempo prolongado. Esto se puede lograr sumergiendo el CTD-Diver en agua normal de grifo durante un día, programado a una frecuencia de muestreo de un minuto.





Importante:

Antes de cada calibración o medición de referencia, se debe enjuagar bien el CTD-Diver en agua desmineralizada. Una vez enjuagado, no se podrá tocar con las manos descubiertas, ya que el líquido de referencia puede contaminarse fácilmente con agentes residuales o sales residuales que quedan en las manos. Esto anula una calibración o medición de referencia, ya que la referencia se ha distorsionado. Este efecto es mayor en los valores más bajos.

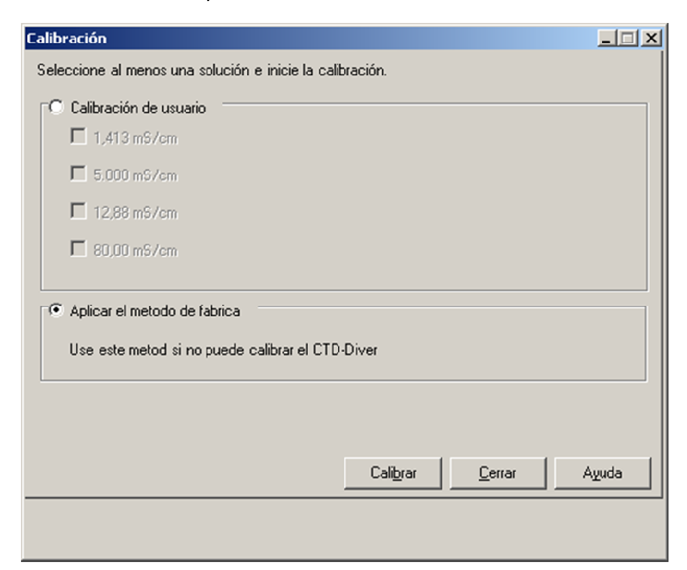
La calibración inadecuada o errónea puede afectar de manera **negativa** la precisión del CTD-Diver.



La limpieza durante la calibración es muy importante. Todos los restos de sal que se adhieran al CTD-Diver afectarán de manera negativa la precisión del líquido de calibración. **Por eso, no se debe utilizar este líquido dos veces.**

Las diferencias de temperatura también pueden generar errores (se debe permitir una aclimatación prolongada).

En dichos casos, se recomienda restablecer la calibración de fábrica.



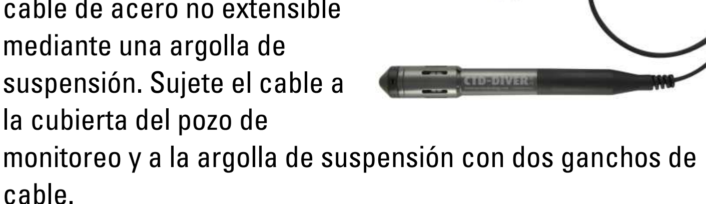
Preguntas más frecuentes (P+F)

Esta sección contiene una perspectiva general de las preguntas que recibimos con frecuencia de nuestros clientes y de nuestras respuestas. Si no encuentra la respuesta que está buscando en estas P+F, póngase en contacto con Schlumberger Water Services.

P: *¿Cómo instalo el Diver?*

R: La mayoría de los Divers se instalan bajo el agua, en un pozo de monitoreo. La profundidad a la que puede suspender un Diver depende del rango de medición del instrumento. Determine el nivel de agua más bajo posible, medido desde el punto alto de tubería (u otro punto de referencia), antes de la instalación. Si el Diver se suspende a esta profundidad como mínimo, el Diver medirá siempre el nivel del agua.

B: El Diver se puede suspender de un cable de datos Diver (DDC) o de un cable de acero no extensible mediante una argolla de suspensión. Sujete el cable a la cubierta del pozo de monitoreo y a la argolla de suspensión con dos ganchos de cable.

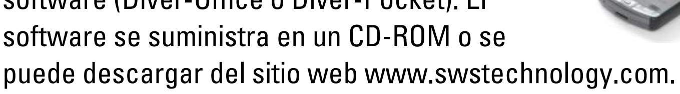


P: *¿Cómo conecto un Diver a mi ordenador?*

R: La manera en que se conecta un Diver a un ordenador depende de la manera en que se instala el Diver en el pozo de monitoreo.

- Antes realizar la lectura, se debe retirar el Diver del pozo de monitoreo en el que está suspendido de un cable de acero. El Diver se lee con la ayuda de un ordenador de escritorio, un Pocket PC o una unidad de lectura:

    1. Conecte la unidad de lectura a su Pocket PC o a su ordenador de escritorio a través del puerto USB. Se suministran los controladores necesarios. Éstos se instalan automáticamente utilizando nuestro software (Diver-Office o Diver-Pocket). El software se suministra en un CD-ROM o se puede descargar del sitio web www.swstechnology.com.



2. Desatornille la argolla de suspensión del Diver.
3. Inserte el Diver bocabajo en la unidad de lectura (consulte arriba).



- Si un Diver está suspendido de un cable de datos Diver (DDC), se puede dejar colgando en el pozo. Este Diver se puede leer con un ordenador de escritorio o con un Pocket PC a través de un cable de interfaz DDC:
  1. Conecte el cable de interfaz DDC a un ordenador de escritorio o a un Pocket PC.
  2. Desatornille la tapa de protección del extremo del DDC.
  3. Acople el conector en el cable de conexión al extremo del DDC.
  4. Lea las mediciones del Diver utilizando uno de nuestros programas.
  5. Desatornille el cable de interfaz DDC.
  6. Reemplace la tapa de protección del DDC.



P: *¿Qué es un Pocket PC y qué es un Diver-Pocket?*
R: Un Pocket PC, también conocido como PDA u ordenador de mano, es un ordenador de bolsillo que puede utilizarse para descargar los datos de los Divers en el terreno. El Diver-Pocket es un paquete de software desarrollado para utilizarlo en esta plataforma. El programa de software ActiveSync que se suministra con el Pocket PC se utiliza para instalar el programa Diver-Pocket en el Pocket PC. El usuario tiene la opción de instalar una versión simplificada (sólo apta para **lecturas** de Diver) o una versión ampliada (capaz de realizar todas las interacciones del Diver). Se necesita un código de licencia para utilizar la versión Diver-Pocket Manager.

P: *¿El Diver sólo se puede usar al nivel del mar?*
R: No, los Divers se pueden utilizar desde 300 m bajo el nivel del mar hasta 5,000 m sobre el nivel del mar.

P: *¿Siempre se necesitan dos Divers para medir un solo pozo de monitoreo*?
R: No, pero se debe incluir al menos un Baro-Diver por red para controlar la presión barométrica. Por ejemplo: Se deberían instalar 20 Divers y un Baro-Diver para una red con 20 pozos de monitoreo. Recomendamos instalar un Baro-Diver adicional como respaldo para redes más grandes. Esto depende de las condiciones geográficas.



P: *¿Cuál es el radio dentro del cual se debe colocar el Baro-Diver con respecto a los Divers para asegurar la adecuada compensación de la presión atmosférica?*

R: En un terreno abierto y aproximadamente al mismo nivel (por encima del NAVD 88), la norma general es un Baro-Diver dentro de un radio máximo de 15 km.

P: *¿Cuál es la fórmula para convertir los resultados de las mediciones de los Divers/Baro-Diver de cmH_2O (por ejemplo:1.020,74 cmH_2O) a presión atmosférica (mbar)?*

R: La medición de los Divers/Baro-Diver en cm de columna de agua (cmH_2O). Para convertir los cm de columna de agua medidos en presión atmosférica, éstos se deben multiplicar por 0.980665. En este ejemplo: $1{,}020.74 \times 0.980665 = 1{,}001$ mbar.

P: *¿Cuál es el tiempo de vida útil de la batería del Diver?*

R: El tiempo de vida útil de la batería depende de la frecuencia de medición, de los ciclos de programación y lectura, y del tipo de Diver.

- La batería los Mini, Micro, Cera y Baro-Diver tiene la capacidad de realizar:
  - 5 millones de mediciones;
  - 2,000 ciclos de lectura; y
  - 2,000 ciclos de programación.
- La batería del CTD-Diver tiene la capacidad de realizar:
  - 2 millones de mediciones;
  - 500 ciclos de lectura; y
  - 500 ciclos de programación.

Sobre la base de la experiencia, un tiempo de vida útil máximo de 10 años se considera normal para un uso "típico". Uso típico significa, entre otras cosas, que los Divers no son expuestos a temperaturas extremas durante tiempos prolongados, que la frecuencia de muestreo de medición no se configura en 1 segundo, que no se solicita una descarga por módem cada hora, etc.

Ejemplo:

- Una medición por hora durante un periodo de 10 años produce 87,600 mediciones.
- Una medición cada 15 minutos durante un periodo de 10 años produce 350,400 mediciones.

P: *¿Es posible utilizar los Divers en agua salada?*



R: Mini-Diver y Micro-Diver están hechos de acero inoxidable 316L. Este material no es apto para usarse en agua salada. El Cera-Diver y los CTD-Divers están hechos de zirconia, un material de cerámica. Este material no se corroe en el agua salada y, por lo tanto, estos Divers se pueden utilizar en agua salada. SWS explícitamente seleccionó un material "no metálico" para los tipos de Diver que deben utilizarse en ambientes más agresivos (como el agua salada). Con el tiempo, cualquier metal se corroerá en un ambiente demasiado agresivo o debido a la falta de oxígeno. La zirconia que utiliza SWS (para los Cera-Diver y CTD-Diver) es extremadamente resistente a la corrosión. Los sensores de presión cerámicos (alúmina) presentan las mismas propiedades. Se seleccionaron los aros tóricos Viton por sus propiedades favorables en este ambiente.

P: *¿Cómo limpio el Diver si está muy sucio?*

R: Si su Diver está muy sucio, se puede limpiar fácilmente con vinagre blanco destilado.
También se puede utilizar una solución diluida de ácido fosfórico para los tipos de Diver de cerámica.
Coloque el Diver dentro de la solución durante un tiempo. Siempre enjuague bien el Diver con agua limpia después de limpiarlo, en especial cerca de las aberturas de flujo directo. Si es necesario, utilice un paño suave para eliminar los restos. Nunca utilice cepillos duros, abrasivos u objetos afilados para limpiar su Diver.

P: *¿Se debe calibrar el Diver?*

R: No, no es necesario. Schlumberger Water Services calibra los Divers antes de su distribución. Puede suministrarse un certificado de calibración de fábrica como parte del proceso de producción.
Los Divers sólo pueden ser calibrados por Schlumberger Water Services. En caso de dudas, el usuario puede realizar una medición de control a nivel local.

B: En términos del CTD-Diver, se puede realizar una calibración en el terreno para el canal C. Consulte el manual del usuario para obtener información sobre el software que se utiliza en el Pocket PC (por ejemplo: Diver-Office).

Advertencia general:

Una calibración de conductividad es un asunto delicado. Cómo se limpia el CTD-Diver antes de la calibración, los temas relacionados con la temperatura y cómo se manipula el líquido de calibración son todos asuntos muy importantes. Definitivamente la intención no es que estos procedimientos se realicen en el terreno.



Apéndice I: Uso de los Divers en elevaciones

Los Divers se pueden utilizar a cualquier elevación, desde 300 metros bajo el nivel del mar hasta 5,000 metros sobre el nivel del mar. Sin embargo, se recomienda que todos los Divers y el Baro-Diver que forman parte de la misma red se utilicen a la misma elevación (siempre que sea posible).

La relación entre las variaciones de presión atmosférica y la elevación es exponencial, en lugar de lineal:

$$P_H = P_0 \cdot e^{-(M \cdot g \cdot H)/(R \cdot T)}$$

donde

P_H = presión atmosférica a la altura de elevación H

P_0 = presión atmosférica a la altura de referencia

$M = 28.8 \cdot 10^{-3}$ kg/mol (masa molecular de aire)

$g = 9.81$ m/s^2 (gravedad estándar)

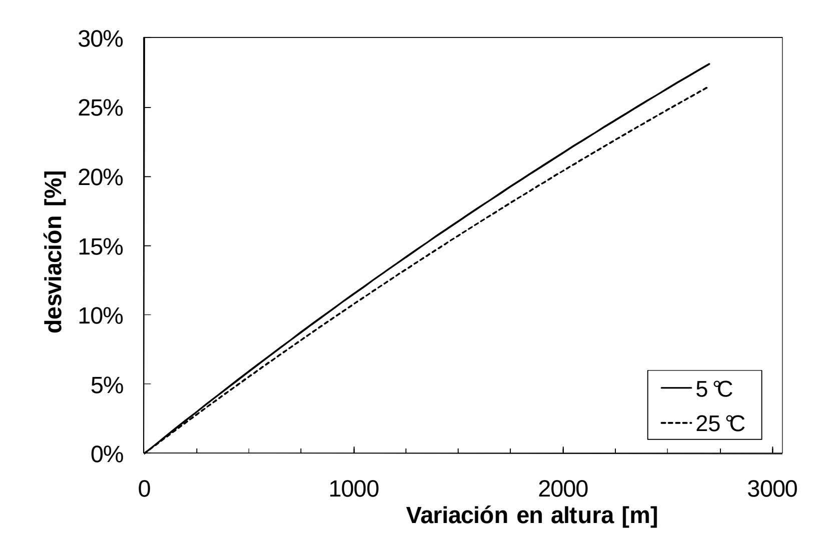
H = altura en metros

R = 8.314 J/mol/K (constante de gas)

T = temperatura en Kelvin

Si el Baro-Diver se coloca a una elevación diferente en relación con los demás Divers en una red de medición, es posible que ocurra una desviación en los datos compensados barométricamente debido a las relaciones a las que se hizo referencia arriba. El siguiente gráfico ilustra la desviación en los datos barométricos como una función de la variación en elevación a 5 °C y 25 °C.





Para determinar la desviación relativa de la presión barométrica en comparación con P_0 a 5 °C (T = 278.15°K), a una diferencia de altura de H, se puede utilizar la fórmula antes mencionada:

$$(P_H - P_0) / P_0 = 1 - e^{-(M \cdot g \cdot H)/(R \cdot T)} \times 100\%$$

Mediante la sustitución de los datos se obtiene una desviación relativa de 1.2% a una diferencia de altura de 100 m. A una diferencia de altura de 1,000 m esta desviación aumenta a 11.5%.

Por consiguiente, recomendamos colocar todos los Divers y los Baro-Divers en una red de manera tal que se minimicen las diferencias mutuas de altura.

Para evitar los problemas mencionados anteriormente, se pueden desplegar varios Baro-Divers si fuera necesario.

Índice